

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-188104

(P 2 0 0 3 - 1 8 8 1 0 4 A)

(43) 公開日 平成15年 7 月 4 日 (2003. 7. 4)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/205		H01L 21/205	4K030
C23C 16/455		C23C 16/455	5F045

審査請求 未請求 請求項の数16 ○ L (全10頁)

(21) 出願番号	特願2001-381639 (P 2001-381639)	(71) 出願人	000005496 富士ゼロックス株式会社 東京都港区赤坂二丁目17番22号
(22) 出願日	平成13年12月14日 (2001. 12. 14)	(72) 発明者	八木 茂 神奈川県南足柄市竹松1600番地 富士ゼロックス株式会社内
		(74) 代理人	100079049 弁理士 中島 淳 (外3名)

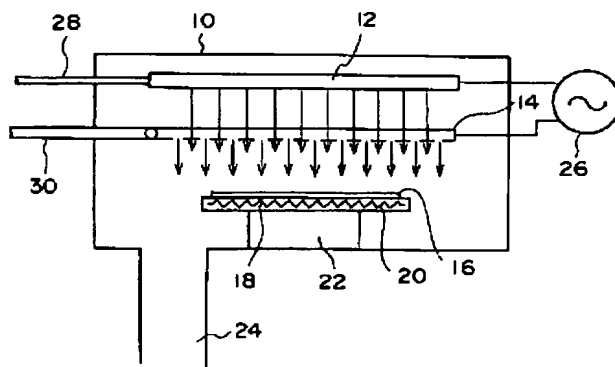
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体の製造装置、窒化物半導体の製造方法、及びリモートプラズマ装置

(57) 【要約】

【課題】 高品質で高機能の窒化物半導体を大面積で短時間に生産することができ、高い生産性を有する窒化物半導体の製造装置、窒化物半導体の製造方法を提供することができる。

【解決手段】 互いに略平行に対向させて配置された、平板状の第1電極12及び平板状で且つプラズマ活性種を透過する領域を有する第2電極14を有し、当該一对の電極間にプラズマを発生させて気体原料をプラズマ活性種に活性化させるプラズマ活性化手段と、V a 族元素気体原料を導入するV a 族気体原料導入手段(第1電極12)と、導入されたV a 族元素気体原料が第1電極12及び第2電極14間でプラズマ活性種に活性化される下流側から、I I I a 族元素気体原料を導入するI I I a 族気体原料導入手段(第2電極14)と、を備えることを特徴とする窒化物半導体の製造装置、窒化物半導体の製造方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 気体原料を導入し、基板上に窒化物半導体を成膜する窒化物半導体の製造装置であって、互いに略平行に対向させて配置された、第 1 電極及びプラズマ活性種を透過する領域を有する第 2 電極を有し、当該一対の電極間にプラズマを発生させて気体原料をプラズマ活性種に活性化させるプラズマ活性化手段と、前記第 1 電極及び前記第 2 電極間を通過し且つ前記第 2 電極方向に向かって、V a 族元素を含む化合物の気体原料を導入する V a 族気体原料導入手段と導入された前記 V a 族元素を含む化合物の気体原料が前記第 1 電極及び前記第 2 電極間でプラズマ活性種に活性化される下流側から、I I I a 族元素を含む有機金属化合物の気体原料を導入する I I I a 族気体原料導入手段と、を備えることを特徴とする窒化物半導体の製造装置。

【請求項 2】 前記第 1 電極近傍に或いは当接して、前記 V a 族気体原料導入手段が配置されてなることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 3】 前記第 1 電極と前記 V a 族気体原料導入手段とが実質的に一体構造を有し、前記第 1 電極が前記 V a 族気体原料導入手段を兼ねることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 4】 前記第 1 電極が、気体原料導入口として複数の孔を設けた中空部材からなることを特徴とする請求項 3 に記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 5】 前記 V a 族気体原料導入手段における気体原料導入方向が、前記基板面に対して略垂直な方向であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 6】 前記第 2 電極と前記 I I I a 族気体原料導入手段とが実質的に一体構造を有し、前記第 2 電極が前記 I I I a 族気体原料導入手段を兼ねることを特徴とする請求項 1 ～ 5 に記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 7】 前記第 2 電極が、気体原料導入口として複数の孔を設けた中空部材を連結及び／又は屈曲させた構造を有することを特徴とする請求項 6 に記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 8】 前記第 2 電極が、気体原料導入口として複数の孔を設けた中空部材からなる網目構造或いはストライプ構造を有することを特徴とする請求項 6 に記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 9】 前記第 2 電極が、電極部材を連結及び／又は屈曲させた構造を有することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 10】 前記第 2 電極が、電極部材からなる網目構造或いはストライプ構造を有することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 11】 前記 I I I a 族気体原料導入手段にお

ける気体原料導入方向が、前記基板面に対して略平行又は略垂直な方向であることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 12】 前記基板が、前記第 2 電極を介して前記第 1 電極と略平行に対向させて配置されてなることを特徴とする請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 13】 プラズマ活性化手段が、高周波放電及び／又はマイクロ波放電により、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間にプラズマを発生させる手段であることを特徴とする請求項 1 ～ 12 のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置。

【請求項 14】 請求項 1 ～ 13 のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置を用いて窒化物半導体を製造することを特徴とする窒化物半導体の製造方法。

【請求項 15】 気体原料を導入し、基板上に所望とする膜を成膜するリモートプラズマ装置であって、互いに略平行に対向させて配置された、第 1 電極及びプラズマ活性種を透過する領域を有する第 2 電極と、を有し、気体原料をプラズマ活性種に活性化させるプラズマ活性化手段と、前記第 1 電極及び前記第 2 電極間を通過し且つ前記第 2 電極方向に向かって、気体原料を導入する気体原料導入手段と、を備えることを特徴とするリモートプラズマ装置。

【請求項 16】 前記第 2 電極が、電極部材を連結及び／又は屈曲させた構造を有することを特徴とする請求項 15 に記載のリモートプラズマ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、本発明は窒化物半導体の製造装置、窒化物半導体の製造方法、リモートプラズマ装置に関し、詳しくは I I I a [IUPAC (国際純粋及び応用化学連合) の 1989 年無機化学命名法改訂版による族番号は 13] - V a (IUPAC の 1989 年無機化学命名法改訂版による族番号は 15) 族半導体化合物の製造装置、I I I a - V a 半導体化合物の製造方法、及びリモートプラズマ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、AlN、Ga₂N、AlGa₂N、GaInN、InN 等のように広いバンドギャップを有する半導体化合物が青色 LED、青色 LD 及び可視の発光素子への適用材料として注目されている。これらの窒化物系 I I I a [IUPAC (国際純粋及び応用化学連合) の 1989 年無機化学命名法改訂版による族番号は 13] - V a (IUPAC の 1989 年無機化学命名法改訂版による族番号は 15) 族半導体化合物の製造では、V a 族元素源 (原料) として NH₃ や N₂ が用いられるが、NH₃ や N₂ は他の I I I a - V a 族化合物半導体の製造で用いられる V a 族元素源 (原料)、例えば、A

sH₃やPH₃に比べると安定で不活性である。このため有機金属化学気相成長法(MOCVD)によって基板上に窒化物系IIIa-V族半導体化合物の成膜を形成する場合、基板温度は900~1200℃に調整される。

【0003】一方、良質のGaNが成長する900℃~1200℃という高温の基板温度ではInは結晶中にほとんど取り込まれないため、Inを含む混晶を作製する場合には、基板温度を下げている。しかしながら、この方法では、膜質を犠牲にすることになり、10%以上のInを含む良質の混晶を得ることは難しい。また、基板温度を変える方法では、高温で膜を形成する際に、この膜の下に配置された、低温で形成された膜の元素拡散等が起こるおそれがあるため、多層膜や超格子等の素子の作製は実用上困難である。

【0004】このため成長温度の低温化の方法として、高周波放電(J. M. Van Horeら、J. Cryst. Growth 150(1995)908)、マイクロ波放電又はエレクトロンサイクロトロン共鳴によって、Va族元素源としてのN₂やNH₃をプラズマ状態にし、このリモートプラズマ中にIIIa族の元素を含む有機金属化合物を導入することによって成膜を行う方法がある(A. Yoshida, New Functionality materials, Vol. C, 183~188(1993)、S. Zembutsuら、App. Phys. Left, 48, 870)。そして、この方法を実施するための装置として、反応器に連続した一つのプラズマ発生手段と、このプラズマ発生手段に反応器側とは反対側からN₂ガスのようなVa族元素源を供給する第1の供給手段と、プラズマ発生手段の反応器側にIIIa族元素を含む有機金属化合物を供給する第2の供給手段と、を備えた半導体製造装置が従来より知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】これらのリモートプラズマ半導体製造装置を用いて作製する場合には、プラズマ発生源がプラズマ流であることが条件となり、プラズマ発生源は筒状で形成される。この筒状のプラズマ発生源の下流側に有機金属ガスを導入する。したがって、基板上での膜成長はプラズマ流と有機金属ガスの広がり依存することになり、結晶成長可能範囲は限られるため大面積に均一な結晶を成長させることは難しいという問題があった。

【0006】従って、本発明は、前記従来における諸問題を解決し、以下の目的を達成することを課題とする。即ち、本発明の目的は、高品質で高機能の窒化物半導体を大面積で短時間に生産することができ、高い生産性を有する窒化物半導体の製造装置、窒化物半導体の製造方法を提供することである。また、高品質で高機能な所望とする膜を、大面積で短時間に生産することができ

リモートプラズマ装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題は、以下の手段により解決される。即ち、本発明は、<1>気体原料を導入し、基板上に窒化物半導体を成膜する窒化物半導体の製造装置であって、互いに略平行に対向させて配置された、第1電極及びプラズマ活性種を透過する領域を有する第2電極を有し、当該一对の電極間にプラズマを発生させて気体原料をプラズマ活性種に活性化させるプラズマ活性化手段と、前記第1電極及び前記第2電極間を通過し且つ前記第2電極方向に向かって、Va族元素を含む化合物の気体原料を導入するVa族気体原料導入手段と導入された前記Va族元素を含む化合物の気体原料が前記第1電極及び前記第2電極間でプラズマ活性種に活性化される下流側から、IIIa族元素を含む有機金属化合物の気体原料を導入するIIIa族気体原料導入手段と、を備えることを特徴とする窒化物半導体の製造装置である。

【0008】即ち、<1>に記載の発明では、まず、第1電極と第2電極間を通過し且つ前記第2電極方向に向うように、Va族気体原料導入手段によりVa族元素を含む化合物の気体原料を導入する。この導入されたVa族元素を含む化合物の気体原料は、当該一对の電極間に発生させるプラズマによりプラズマ活性種に活性化される。この際、第1電極及び第2電極は平面的に構成されて且つ平行に配置されているので、当該気体原料が電極面全体に渡る領域で活性化される。活性化されたプラズマ活性種(プラズマ状態のVa族元素を含む化合物の気体原料[活性化された励起分子や元素])は、第2電極がプラズマ活性種を透過する領域を有するので、この第2電極を透過する。このプラズマ活性種が第2電極を透過する直前或いは透過後、即ちプラズマ活性種に活性化される下流側から、IIIa族気体原料導入手段によりIIIa族元素を含む有機金属化合物の気体原料を導入する。これにより、第1電極及び第2電極面全体に渡って活性化されたプラズマ活性種(プラズマ状態のVa族元素を含む化合物の気体原料)は、IIIa族元素を含む有機金属化合物と反応し、基板上に窒化物半導体が成膜される。このように、第1電極及び第2電極面全体に渡って活性化されたプラズマ活性種(Va族元素を含む化合物の気体原料)が、IIIa族元素を含む有機金属化合物と反応(IIIa族元素を含む有機金属化合物が分解活性化)して、基板上に窒化物半導体が成膜されるので、高品質で高機能の窒化物半導体を大面積で短時間に生産することができる。

【0009】<2>に記載の発明は、前記第1電極近傍に或いは当接して、前記Va族気体原料導入手段が配置されてなることを特徴とする前記<1>に記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0010】即ち、<2>に記載の発明では、前記第1

電極近傍に或いは当接して、前記V a族気体原料導入手段が配置させると、V a族元素を含む化合物の気体原料を、効率良く第1電極と第2電極間を通過させ且つ前記第2電極方向に向うように導入して当該気体原料が活性化され易くすることができる。

【0011】<3>に記載の発明は、前記第1電極と前記V a族気体原料導入手段とが実質的に一体構造を有し、前記第1電極が前記V a族気体原料導入手段を兼ねることを特徴とする<1>に記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0012】即ち、<3>に記載の発明では、前記第1電極と前記V a族気体原料導入手段とが実質的に一体構造を有し、第1電極が前記V a族気体原料導入手段を兼ねることで、簡易な構成で、V a族元素を含む化合物の気体原料を、効率良く第1電極と第2電極間を通過し且つ前記第2電極方向に向うように導入させ、当該気体原料が活性化され易くすることができる。

【0013】<4> 前記第1電極が、気体原料導入口として複数の孔を設けた中空部材からなることを特徴とする前記<3>に記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0014】即ち、<4>に記載の発明では、前記第1電極が、気体原料導入口として複数の孔を設けた中空部材からなることで、当該中空部材における複数の孔からV a族気体原料を導入することができ、好適にV a族気体原料導入手段を兼ねることができる。

【0015】<5>に記載の発明は、前記V a族気体原料導入手段における気体原料導入方向が、前記基板面に対して略垂直な方向であることを特徴とする前記<1>～<4>のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0016】即ち、<5>に記載の発明では、前記V a族気体原料導入手段における気体原料導入方向を、前記基板面に対して略垂直な方向とすることで、導入される気体原料が基板面に対して垂直に導入することができるので、効率良く、大面積の高品質で高機能の窒化物半導体を短時間に生産することができる。

【0017】<6>に記載の発明は、前記第2電極と前記I I I a族気体原料導入手段とが実質的に一体構造を有し、前記第2電極が前記I I I a族気体原料導入手段を兼ねることを特徴とする前記<1>～5のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0018】即ち、<6>に記載の発明は、前記第2電極と前記I I I a族気体原料導入手段とが実質的に一体構造を有し、第2電極が前記I I I a族気体原料導入手段を兼ねることで、簡易な構成で、効率良く、第1電極及び第2電極面全体に渡って活性化されたプラズマ活性種（V a族元素を含む化合物の気体原料）と、I I I a族元素を含む有機金属化合物と反応させることができる。

【0019】<7>に記載の発明は、前記第2電極が、気体原料導入口として複数の孔を設けた中空部材からなり、当該中空部材を連結及び／又は屈曲させた構造を有することを特徴とする前記<6>に記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0020】即ち、<7>に記載の発明では、前記第2電極を、気体原料導入口として複数の孔を設けた中空部材から構成し、且つ当該中空部材を連結及び／又は屈曲させた構造とすると、連結及び／又は屈曲させた中空部材間の間隙がプラズマ活性種を透過する領域となり、一方で中空部材部分が電極として機能し、さらに中空部材における複数の孔によりI I I a族元素を含む有機金属化合物の気体原料を電極面全体から導入することができるので、好適にI I I a族気体原料導入手段を兼ねることができる。

【0021】<8>に記載の発明は、前記第2電極が、気体原料導入口として複数の孔を設けた中空部材からなる網目構造或いはストライプ構造を有することを特徴とする前記<6>に記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0022】即ち、<8>に記載の発明では、前記第2電極を、気体原料導入口として複数の孔を設けた中空部材を連結或いは屈曲させて。網目構造或いはストライプ構造とすると、網目構造或いはストライプ構造の中空部材間の間隙がプラズマ活性種を透過する領域となり、一方で中空部材部分が電極として機能し、さらに中空部材における複数の孔によりI I I a族元素を含む有機金属化合物の気体原料を電極面全体から導入することができるので、より好適にI I I a族気体原料導入手段を兼ねることができる。

【0023】<9>に記載の発明は、前記第2電極が、電極部材を連結及び／又は屈曲させた構造を有することを特徴とする前記<1>～<5>のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0024】即ち、<9>に記載の発明では、前記第2電極を、電極部材を連結及び／又は屈曲させた構造とすると、連結及び／又は屈曲させた電極部材間の間隙がプラズマ活性種を透過する領域となり、一方で、電極部材部分が電極としての機能を発揮することができるので、第2電極として好適な構成である。

【0025】<10>前記第2電極が、電極部材からなる網目構造或いはストライプ構造を有することを特徴とする前記<1>～<5>のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0026】即ち、<10>に記載の発明では、前記第2電極を、電極部材を連結或いは屈曲させて網目構造或いはストライプ構造とすることで、網目構造或いはストライプ構造の電極部材間の間隙がプラズマ活性種を透過する領域となり、一方で、電極部材部分が電極としての機能を発揮することができるので、第2電極としてより

好適な構成である。

【0027】<11>に記載の発明は、前記I11a族気体原料導入手段における気体原料導入方向が、前記基板面に対して略平行又は略垂直な方向であることを特徴とする前記<1>～<10>のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0028】即ち、<11>に記載の発明では、前記I11a族気体原料導入手段における気体原料導入方向を、前記基板面に対して略平行又は略垂直な方向とすることで、導入される気体原料（I11a族気体原料）が、効率良く分解し、均一に基板面に対して拡散されるので、効率良く、大面積の高品質で高機能の窒化物半導体を短時間に生産することができる。

【0029】<12>に記載の発明は、前記基板が、前記第2電極を介して前記第1電極と略平行に対向させて配置されてなることを特徴とする前記<1>～<11>のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0030】即ち、<12>に記載の発明では、前記基板を、前記第2電極を介して前記第1電極と略平行に対向させて配置させると、簡易、且つコンパクトな構成で、導入される気体原料が基板面に対して垂直に導入することができるので、効率良く、大面積の高品質で高機能の窒化物半導体を短時間に生産することができる。

【0031】<13>に記載の発明は、前記プラズマ活性化手段が、高周波放電及び／又はマイクロ波放電により、前記第1電極と前記第2電極との間にプラズマを発生させる手段であることを特徴とする前記<1>～<12>のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置である。

【0032】即ち、<13>に記載の発明では、高周波放電及び／又はマイクロ波放電を用いることで、効率良くV a族元素を含む化合物の気体原料をプラズマによりプラズマ活性種に活性化させることができる。

【0033】<14>に記載の発明は、前記<1>～<13>のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置を用いて窒化物半導体を製造することを特徴とする窒化物半導体の製造方法である。

【0034】即ち、<14>に記載の発明では、上述のように前記<1>～<13>のいずれかに記載の窒化物半導体の製造装置と同様に、高品質で高機能の窒化物半導体を大面積で短時間に生産することができる。

【0035】<15>に記載の発明は、気体原料を導入し、基板上に所望とする膜を成膜するリモートプラズマ装置であって、互いに略平行に対向させて配置された、第1電極、及びプラズマ活性種を透過する領域を有する第2電極と、を有し、気体原料をプラズマ活性種に活性化させるプラズマ活性化手段と、前記第1電極及び前記第2電極間を通過し且つ前記第2電極方向に向かって、気体原料を導入する気体原料導入手段と、を備えることを特徴とするリモートプラズマ装置である。

【0036】即ち、<15>に記載の発明では、まず、第1電極と第2電極間を通過し且つ前記第2電極方向に向うように、気体原料導入手段により気体原料を導入する。この導入された気体原料は、当該一対の電極間に発生させるプラズマによりプラズマ活性種に活性化される。この際、第1電極及び第2電極は、平面的に構成されて且つ平行に配置されているので、当該気体原料が電極面全体に渡る領域で活性化される。活性化されたプラズマ活性種（プラズマ状態の気体原料）は、第2電極がプラズマ活性種を透過する領域を有するので、この第2電極を透過する。このように、第1電極及び第2電極面全体に渡って活性化されたプラズマ活性種（プラズマ状態の気体原料）が、基板上に所望とする膜が成膜されるので、高品質で高機能な所望とする膜を、大面積で短時間に生産することができる。

【0037】<16>前記第2電極が、電極部材を連結及び／又は屈曲させた構造を有することを特徴とする前記<15>に記載のリモートプラズマ装置である。

【0038】即ち、<17>に記載の発明では、前記第2電極を、電極部材を連結及び／又は屈曲させた構造とすると、連結及び／又は屈曲させた電極部材間の間隙がプラズマ活性種を透過する領域となり、一方で、電極部材部分が電極としての機能を発揮することができるので、第2電極として好適な構成である。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例を図面を参照して説明する。なお、実質的に同様の機能を有するものには、全図面通して同じ符号を付して説明し、場合によってはその説明を省略することがある。また、本発明の窒化物半導体の製造装置の説明と共に、本発明の窒化物半導体の製造方法、本発明のリモートプラズマ装置の説明も行う。

【0040】（第1の実施の形態）第1の実施の形態に係る本発明の窒化物半導体の製造装置（リモートプラズマ装置）を図1に示す。図1に示す窒化物半導体の製造装置は、真空槽10と、互いに平行に配置された一対の電極（第1電極12、第2電極14）と、第2電極14を介して第1電極12と略平行に基板16を配置することが可能な基板ホルダー18とから構成されている。一対の電極（第1電極12、第2電極14）は、それぞれ電力供給手段26と接続され、プラズマ活性化手段を構成している。基板ホルダー18は内部に基板16を加熱するためのヒータ20が内蔵され、且つ支持部材22により支持されている。真空槽10には、当該真空槽10内のガスを排気或いは略真空状態とするため、ポンプ等の真空排気装置（図示せず）に連結されている排気管24が備えられている。

【0041】第1電極12は、平板状の中空部材（空洞構造）からなり、第2電極14と対向する側の面には複数の孔が設けられてなる。また、第1電極12は、V a

族元素を含む化合物の気体原料を導入するガス導入管28と連結しており、簡易な構成で、前記複数の孔から原料ガスを、第1電極12及び第2電極14間全面に渡って通過させ、且つ第2電極14面(基板16面)に対して略垂直に導入することができ、V a族元素を含む化合物の原料ガスを導入する手段も兼ねる。また、第1電極12における真空槽10側の面には、放電が真空槽10との間で起こらないように、アースされた部材を当該面と間隔(例えば3mm以下)を空けて設けることが好適である。

【0042】第2電極14は、図2に示すように、複数の長筒状の中空部材14a(空洞構造)の両端を、それぞれ長筒状の中空部材で連結したストライプ構造を有する平板状の部材であり、長筒状の中空部材14a間の間隙14bを活性化されたV a族元素を含む化合物の気体原料(プラズマ活性種)を透過する領域とし、当該中空部材14aが電極として機能させることができる。また、長筒状の中空部材14aには複数の孔14cが基板16と対向する側に設けられている。そして、第2電極14は、I I I a族元素を含む有機金属化合物の原料ガス(有機金属化合物)を導入するガス導入管30と連結しており、前記複数の孔14cから、簡易な構成で、効率良く、第1電極12及び第2電極14面全体に渡って活性化されたプラズマ活性種(V a族元素を含む化合物の原料ガス)と反応するように、且つ原料ガスを基板16面に対して略垂直に導入することができ、I I I a族元素を含む有機金属化合物の原料ガスを導入する手段を兼ねている。

【0043】基板16としては導電性でも絶縁性でも良く、結晶又は非晶質でもよい。導電性基板としては、アルミニウム、ステンレススチール、ニッケル、クロム等の金属及びその合金結晶、S i、G a A s、S i C、サファイア等の半導体や単結晶を挙げることができる。また、絶縁性基板としては、高分子フィルム、ガラス、セラミック等を挙げることができ、絶縁性基板には、上記の金属又は金、銀、銅等を、蒸着法、スパッター法、イオンプレーティング法等により成膜する導電化処理を施すこともできる。

【0044】さらに、基板16は、光の入出力用として透明導電性基板を用いることもできる。この透明導電性基板に用いられる透光性支持体としては、ガラス、石英、サファイア等の透明な無機材料；弗素樹脂、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリエチレン、ポリエチレンテレフタレート、エポキシ樹脂等の透明な有機樹脂のフィルム又は板状体；オプティカルファイバー、セルフオック光学プレート等が使用できる。また、上記透光性支持体上に設ける透光性電極としては、I T O、酸化亜鉛、酸化錫、酸化鉛、酸化インジウム、ヨウ化銅等の透明導電性材料を用い、蒸着、イオンプレーティング、スパッタリング等の方法により形成したもの、又はA l、

N i、A u等の金属を蒸着やスパッタリングにより半透明になる程度に薄く形成したものが用いられる。

【0045】基板温度は20℃～1200℃程度であり、100℃～1000℃であることが好ましく、目的に応じて適宜基板温度を変えることができる。例えば、窒化ガリウムを成膜する場合、基板温度が低温(20℃から200℃)のときは非晶質に、高温(200℃から1000℃)のときは多結晶や結晶にすることができる。

10 【0046】ガス導入管28(第1電極12)から導入するV a族元素を含む化合物の原料ガスとしては、N₂、NH₃、NF₃、N₂H₄、モノメチルヒドラジン、ジメチルヒドラジン等の気体又はこれらをキャリアガスでバブリングした混合ガスを使用することができる。また、V a族元素を含む化合物の原料ガスとしては、P H₃、P (C₄H₉)₃、A s H₃、A s H₂C (C H₃)₃を用いてもよい。さらに、これらのV a族元素を含む化合物の原料ガスは単独で用いても、組み合わせて用いてもよい。なお、キャリアガスとしてはH e、A r等の希ガス、H₂、N₂等の単元素ガス、メタンやエタン等の炭化水素、C F₄、C₂F₆等のハロゲン化炭素等を用いることができる。

30 【0047】ガス導入管30(第2電極14)から導入するI I I a族元素を含む有機金属化合物の原料ガスとしては、トリメチルアルミニウム、トリエチルアルミニウム、t-ブチルアルミニウム、トリメチルガリウム、トリエチルガリウム、t-ブチルガリウム、トリメチルインジウム、トリエチルインジウム、t-ブチルインジウム等の液体や固体を気化して単独に又は前記キャリアガスでバブリングされた混合状態のガスとして使用することができる。

40 【0048】また、I I I a族元素を含む有機金属化合物の原料ガスと共に、前記I I I a族元素を含む有機金属化合物の有機官能基と反応してこの有機官能基を反応系外にするための補助材料を導入することもできる。この補助材料としては、H e、N e、A r等の希ガス、H₂、C l₂、F₂等のハロゲンガスを単独又は混合してガス用いることができる。また、これらの補助材料をV a族元素を含む化合物のガスと混合して用いてもよい。補助材料は、活性種のエネルギー制御や、有機官能基を不活性分子にすることによって膜欠陥を防止するために適宜使用することができる。

50 【0049】さらに、p、n制御のための元素(ドーパント)を、ガス導入管30あるいは別の導入管を設けて導入し、膜中にドーブすることができる。n型用の元素としては、I a族(I U P A Cの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は1)のL i、I b族(I U P A Cの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は11)のC u、A g、A u、I I a族(I U P A Cの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は2)のM

g、IIb族(IUPACの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は12)のZn、IVa族(IUPACの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は14)のSi、Ge、Sn、Pb、VIa族(IUPACの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は16)のS、Se、Teを用いることができる。中でもSi、Ge、Snが電荷担体の制御性の点から好ましい。p型用の元素としては、Ia族のLi、Na、Ib族のCu、Ag、Au、IIa族のBe、Mg、Ca、Sr、Ba、Ra、IIb族のZn、Cd、Hg、IVb族のC、Si、Ge、Sn、Pb、VIb族(IUPACの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は6)のCr、VIII族のFe(IUPACの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は8)、Co(IUPACの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は9)、Ni(IUPACの1989年無機化学命名法改訂版による族番号は10)等を用いることができる。中でもBe、Mg、Ca、Zn、Srが電荷担体の制御性の点から好ましい。

【0050】これらのp、n制御のための元素(ドーパント)のドーピング方法としてはn型用としてはSiH₄、Si₂H₆、GeH₄、GeF₄、SnH₄を、p型用としてはBeH₂、BeCl₂、BeCl₄、シクロペンタジエニルマグネシウム、ジメチルカルシウム、ジメチルストロンチウム、ジメチル亜鉛、ジエチル亜鉛等をガス状態で使用することができる。また、元素として膜中に拡散させたりイオンとして膜中に取り込ませることもできる。

【0051】電力供給手段26は、高周波電源やマイクロ波導波管にマッチング回路を経て接続されている。電力供給手段26による放電方式としては高周波放電やマイクロ波放電が効率的に原料ガスを活性化させる観点から好ましいが、これらに限らず、エレクトロンサイクロトロン共鳴方式、ヘリコンプラズマ方式等のいずれであってもよい。なお、高周波放電の場合、容量型が好ましい。

【0052】上記第1の実施の形態では、第1電極12における複数の孔から、Va族原料ガスが第2電極14面(基板16面)に対して略垂直に導入される。この導入されたVa族原料ガスは、第1電極12及び第2電極14間に発生するプラズマによりプラズマ活性種に活性化される(励起分子や元素に活性化される)。この際、第1電極及び第2電極は平面的に構成されて且つ平行に配置されているので、当該原料ガスが電極面全体に渡る領域で活性化される。活性化されたプラズマ活性種(プラズマ状態のVa族元素を含む化合物の原料ガス[活性化された励起分子や元素])は、第2電極14がプラズマ活性種を透過する領域(中空部材の間隙)を有するので、この第2電極14を透過する。第2電極14における中空部材の孔から、即ちVa族元素を含む化合物の原

料ガスが導入される下流側からは、IIa族元素を含む有機金属化合物の原料ガスが基板16面に対して略垂直に導入されている。これにより、第1電極12及び第2電極14面全体に渡って活性化されたプラズマ活性種(プラズマ状態のVa族元素を含む化合物の原料ガス)は、IIa族元素を含む有機金属化合物の原料ガスと反応(分解活性化)し、基板16上に窒化物半導体が成膜される(成長する)。

【0053】このように、第1電極12及び第2電極14面全体に渡って活性化されたプラズマ活性種(Va族元素を含む化合物の原料ガス)が、IIa族元素を含む有機金属化合物の原料ガスと反応(IIa族元素を含む有機金属化合物が分解活性化)して、基板上に窒化物半導体が成膜されるので、高品質で高機能の窒化物半導体を大面積で短時間に生産することができる。また、第1電極12が原料ガス導入手段を兼ねるため、簡易な構成で、Va族元素を含む化合物の気体原料を、効率良く第1電極12と第2電極14間を通過し且つ前記第2電極14方向に向うように導入させ、また、第2電極14も原料ガス導入手段を兼ねるため、第1電極12及び第2電極14面全体に渡って活性化されたプラズマ活性種(Va族元素を含む化合物の原料ガス)と、IIa族元素を含む有機金属化合物の原料ガスを反応させることができる。

【0054】上記第1の実施の形態では、基板16が、第2電極14を介して第1電極12と略平行に対向させて配置されてなり、各原料ガスを基板16面に対し略垂直に構成されてなるので、簡易、且つコンパクトな構成で、導入される気体原料が基板面に対して略垂直に導入することができるので、効率良く、大面積の高品質で高機能の窒化物半導体を短時間に生産することができる。特に、IIa族元素を含む有機化合物の原料ガスは、基板16面或いはVa族元素を含む化合物の原料ガス導入方向に対して略垂直に導入されるので、気体原料(IIa族気体原料)が、効率良く分解し、均一に基板面に対して拡散され、より効率良く、大面積の高品質で高機能の窒化物半導体を短時間に生産することができる。なお、本発明においては、基板と電極とのなす角度、各原料を基板に導入する角度は、これに限定されず如何なる角度でも、大面積の高品質で高機能の窒化物半導体を短時間に生産することができる。

【0055】上記第1の実施の形態では、第1電極12が、原料ガス導入手段を兼ねる形態を示したが、第1電極12と、原料ガス導入手段(Va族元素気体原料導入手段)とは、別々の構成でもよく、この場合、原料ガス導入手段は、第1電極12近傍に或いは当接して配置させることが、Va族元素を含む化合物の気体原料を、効率良く第1電極12と第2電極14間を通過し且つ第2電極14方向に向うように導入して当該気体原料が活性化され易くすることができる観点から、好適である。ま

た、この場合、第 1 電極 12 の第 2 電極 14 側とは反対側から原料ガス導入手段（V a 族元素気体原料導入手段）を設けて、V a 族元素を含む化合物の原料ガスを導入することもできるが、このときは、第 1 電極 12 は V a 族元素を含む化合物の原料ガスを領域を有することが必要であり、具体的には第 2 電極 14 と同様な形態が挙げられる。

【0056】上記第 1 の実施の形態では、第 1 電極 12 として、平板状の中空部材（空洞構造）からなり、第 2 電極 14 と対向する側の面には複数の孔が設けられてなるものを用いた例を示したが、内面に複数の孔が設けられてなる筒状やリング状の中空部材を用いることもでき、V a 族元素を含む化合物の原料ガスを当該中空部材の内側に向けて（第 2 電極 14 面（基板 16 面）と略平行に）導入することもできる（この場合、中空部材が筒状やリング状なので、対向して内側に導入される原料ガス同士がぶつかり、第 2 電極 14 側へと原料ガスが導入される。）。なお、第 1 電極 12 と原料ガス導入手段とを別々の構成とする場合も、原料ガス導入手段としてこれらと同様な形態を採用することができる。

【0057】上記第 1 の実施の形態では、第 2 電極 14 が、原料ガス導入手段を兼ねる形態を示したが、第 2 電極 14 と、原料ガス導入手段（I I I a 族元素気体原料導入手段）とは、別々の構成でもよく、この場合、原料ガス導入手段は、第 2 電極 14 近傍に或いは当接して配置させることが、第 1 電極 12 及び第 2 電極 14 面全体に渡って活性化されたプラズマ活性種（V a 族元素を含む化合物の気体原料）と、I I I a 族元素を含む有機金属化合物の原料ガスと反応させることができる観点から好適である。また、この場合の原料ガス導入手段（I I I a 族元素気体原料導入手段）の配置位置として、具体的には例えば、図 3 に示すように、ガス導入管 30'

（図中は複数の孔が設けられた T 字型のパイプ）を、第 2 電極 14' 縁周部における基板 16 と対向する側に配置し、I I I a 族元素を含む有機金属化合物の原料ガスを、基板面と略平行に導入する形態が挙げられる。この形態のように、基板 16 面或いは V a 族元素を含む化合物の原料ガス導入方向に対して略平行に導入されても、気体原料（I I I a 族気体原料）が、効率良く分解し、均一に基板面に対して拡散され、より効率良く、大面積の高品質で高機能の窒化物半導体を短時間に生産することができる。

【0058】上記第 1 の実施の形態では、第 2 電極 14 として、ストライプ構造を有する部材を用いた例を示したが、これは中空部材間の間隙がプラズマ活性種を透過する領域となり、一方で中空部材部分が電極として機能し、さらに中空部材における複数の孔により I I I a 族元素を含む有機金属化合物の原料ガスを電極面全体から導入することができるので、好適な形態であり、同様な観点から、網目構造も好適に用いられる。また、同様な

観点から、筒状、リング状、くし状等の構造も好適に用いられる。なお、これらに限らず、平面的に構成されたものであれば、平板の中空部材に貫通孔を設ける形態でもよいし、長筒状の中空部材を屈曲させて、渦巻き状構造にする形態等、適宜、中空部材を連結及び／又は屈曲させて任意の構造を採用することができる。また、第 2 電極 14 として、内面に複数の孔が設けられてなる筒状やリング状の中空部材を用いることもでき、I I I a 族元素を含む化合物の原料ガスを当該中空部材の内側に向けて（第 1 電極 12 面（基板 16 面）と略平行に）導入することもできる。なお、第 1 電極 12 に、第 2 電極 14 と同様な形態を採用することもできる。さらに、第 2 電極 14 と、原料ガス導入手段（I I I a 族元素気体原料導入手段）とは、別々の構成とする場合、第 2 電極 14 は、図 2 に示す構造と同様なストライプ構造や、網目構造、筒状、リング状、くし状等が好適に挙げられ、その他、平面的に構成されたものであれば、平板状の電極部材に貫通孔を設ける形態でもよいし、棒状の電極部材を屈曲させて、渦巻き状構造にする形態等、適宜、電極部材を連結及び／又は屈曲させて任意の構造を採用することができる。この場合、第 2 電極 14 を構成する電極部材は、中空構造（空洞構造）をとる必要はない。なお、V a 族元素気体原料導入手段に、I I I a 族元素気体原料導入手段と同様な形態を採用することもできる。

【0059】

【0060】上記第 1 の実施の形態において、第 1 電極 12 及び第 2 電極 14 の形状は、平面的（平板状）に構成されたものであれば（第 2 電極の場合、プラズマ活性種を透過する領域（穴或いは間隙）を有する）、特に制限なく、円盤状でも、四角い盤状でも、いずれの形態をとることができる。

【0061】上記実施の形態では、放電電力、V a 族元素原料ガスの流量、I I I a 族元素の有機金属化合物ガス流量等の活性化条件を変えることができ、また、複数の I I I a 族元素を含む膜を積層する場合には複数の気体原料を混合して供給することもできる。また、ゲートバルブ等を介して隣接する空間に基板ホルダー 18 及びヒータ 20 を配置することで、加熱時間を短縮し生産性を増加させることができる。基板ホルダー 18 は、膜質や膜厚を均一化するために回転機構を設けて基板 16 を回転させてもよい。

【0062】また、上記実施の形態に係る本発明の窒化物半導体の製造装置は、窒化物半導体の成膜のみならず、適宜、他の種の化合物膜を成膜する装置（リモートプラズマ装置）としても利用することができる。

【0063】なお、上記実施の形態に係る本発明の窒化物半導体の製造装置（窒化物半導体の製造方法、リモートプラズマ装置）においても、限定的に解釈されるものではなく、本発明の要件を満足する範囲内で実現可能で

あることは、言うまでもない。

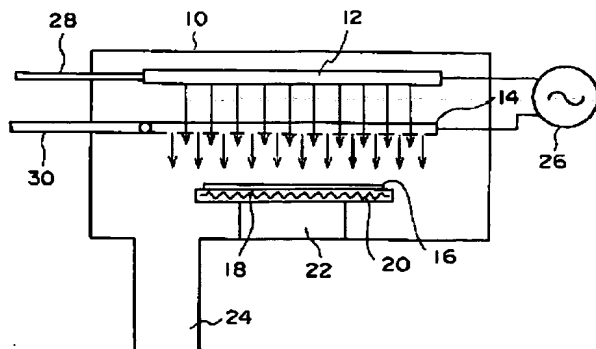
【0064】

【実施例】以下、本発明の実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。

（実施例1）図1の窒化物半導体の製造装置（リモートプラズマ装置）を用い、洗浄したサファイア基板、Si基板（大きさ：直径8インチ〔20.32cm〕）を基板ホルダー18に載せ、真空排気後400℃に加熱した。N₂ガスをガス導入管28より厚さ1mmのステンレススティールでできた内部に空洞のある厚さ5mm直径100mmの円盤状電極（第1電極12）に導入した。第1電極12には直径1mmの細孔が5mm間隔で設けられているており、この孔からN₂ガスを3000 sccm導入した。この状態で圧力は66.65 Pa（0.5 Torr）であった。13.56 MHzの高周波を出力300 Wにセットしチューナでマッチングを取り、放電を行った。放電は第1電極12と第2電極14間で起こった。第2電極14は複数の直径4mmのパイプ（長筒状の中空部材）の両端を、それぞれ直径4mmのパイプに10mm間隔で連結したストライプ構造を有し、パイプには12mm間隔で直径1mmの孔が基板16と対向する側に設けられているものを用いた。ガス導入管30より0℃に保持されたトリメチルガリウム（TMGa）に窒素でバブリングしマスフローコントローラを通して、第2電極14に導入した。そして、第2電極14の孔から5 sccm導入した。

【0065】その後、2時間成膜を行い、2つの基板共に透明な水素化窒化ガリウムの結晶が成長できた。複数設置したSiウエハ（基板）の干渉色は直径100mmの範囲で同色であり、大面積な均一な膜が短時間で成長可能であり、高品質で高機能の半導体膜が得られることを確認した。

【図1】



【0066】

【発明の効果】以上、本発明によれば、高品質で高機能の窒化物半導体を大面積で短時間に生産することができ、高い生産性を有する窒化物半導体の製造装置、窒化物半導体の製造方法を提供することができる。また、高品質で高機能な所望とする膜を、大面積で短時間に生産することができるリモートプラズマ装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施の形態に係る本発明の窒化物半導体の製造装置（リモートプラズマ装置）の概略構成図である。

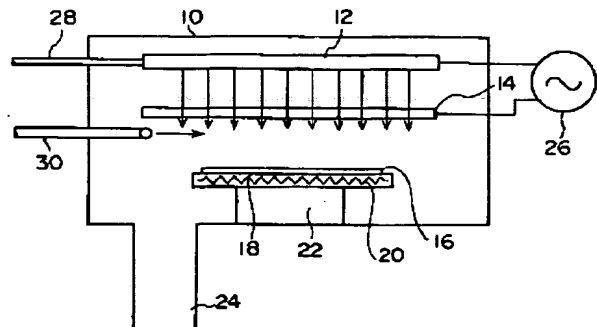
【図2】 第1の実施の形態に係る本発明の窒化物半導体の製造装置（リモートプラズマ装置）で用いた第2電極の構成を示す概略構成図である。

【図3】 他の実施の形態に係る本発明の窒化物半導体の製造装置（リモートプラズマ装置）の概略構成図である。

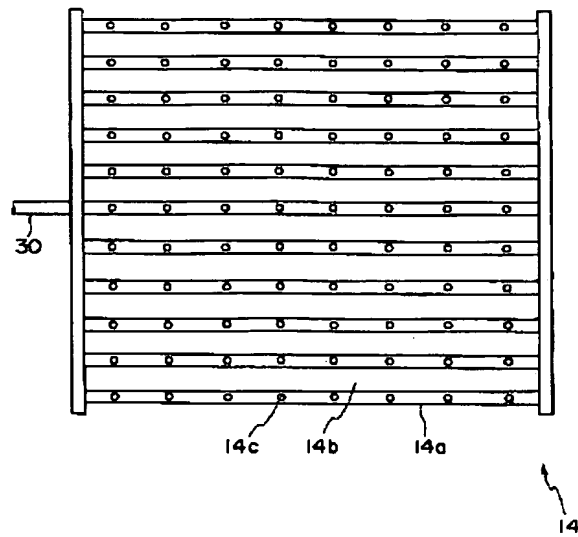
【符号の説明】

- 10 真空槽
- 12 第1電極（第1電極及びV a 族元素気体原料導入手段）
- 14 第2電極（第1電極及びI I I a 族元素気体原料導入手段）
- 16 基板
- 18 基板ホルダー
- 20 ヒータ
- 22 支持部材
- 24 排気管
- 26 電力供給手段
- 28 ガス導入管
- 30 ガス導入管

【図3】



【図 2】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 BA38 BA55 BA56 EA06 FA01
 FA03 KA14 KA15 LA14
 5F045 AA04 AB09 AC07 AC08 AC09
 AC12 AC15 AC16 AC17 AC19
 AD05 AD06 AD07 AD08 AD09
 AD10 AD11 AD12 AD13 AD14
 AD15 AD16 DP03 DQ10 EF03
 EF08 EH01 EH05